

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-2053
(P2014-2053A)

(43) 公開日 平成26年1月9日(2014.1.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 13/34 (2006.01)	GO1S 13/34	5J070
GO1S 7/02 (2006.01)	GO1S 7/02	G
GO1S 13/42 (2006.01)	GO1S 13/42	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-137763 (P2012-137763)	(71) 出願人	300052246 株式会社ホンダエレシス 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134 横浜ビジネスパーク ノーススクエア1
(22) 出願日	平成24年6月19日 (2012.6.19)	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(72) 発明者	和泉 到 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134 横浜ビジネスパーク ハイテクセンター 株式会社ホンダエレシス内
		Fターム(参考)	5J070 AB19 AC02 AC06 AC13 AD02 AD06 AD09 AE01 AE09 AH31 AH35 AH39 AK28

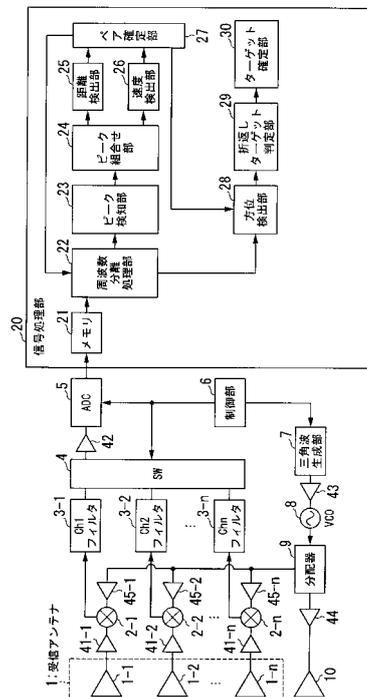
(54) 【発明の名称】 車載用のレーダ装置、車載用のレーダ方法及び車載用のレーダプログラム

(57) 【要約】

【課題】射波の振幅が大きい対象物と反射波の振幅が小さい対象物の検出をできるようにする車載用のレーダ装置、車載用のレーダ方法及び車載用のレーダプログラムを提唱することを目的としている。

【解決手段】異なる第1～第3の変調波を生成する送信波生成部と、異なる第1～第3の変調波に基づく送信波を送信する送信アンテナと、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する受信アンテナと、受信波から異なる第1～第3の変調波に基づく信号を検出し、検出した信号に基づいて、対象物の方位を検出する方位検出部と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる第 1 ~ 第 3 の変調波を生成する送信波生成部と、
前記異なる第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく送信波を送信する送信アンテナと、
送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する受信アンテナと、
前記受信波から前記異なる第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく信号を検出し、検出した信号に
基づいて、前記対象物の方位を検出する方位検出部と、
を備えることを特徴とする車載用のレーダ装置。

【請求項 2】

前記送信波は、前記第 1 の変調波、前記第 2 の変調波、前記第 3 の変調波の順で、且つ
前記第 1 ~ 第 3 の変調波が所定の時間間隔で配置されている信号波を含む
ことを特徴とする請求項 1 に記載の車載用のレーダ装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 の変調波の変調時間は、前記第 2 及び第 3 の変調波の変調時間より長く、前記
第 2 の変調波の変調時間は、前記第 3 の変調波の変調時間より長い
ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の車載用のレーダ装置。

【請求項 4】

前記方位検出部は、
前記第 1 の変調波に基づく信号と前記第 2 の変調波に基づく信号とに基づき、第 1 対象
物の方位を検出し、前記第 2 の変調波に基づく信号と前記第 3 の変調波に基づく信号とに
基づき、第 2 対象物の方位を検出する
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の車載用のレーダ装置。

20

【請求項 5】

前記受信アンテナは、
受信アレーアンテナとして、整数倍の関係にない 2 種類以上の平均ピッチの受信アレー
アンテナを実現する複数の受信アンテナを備え、
前記 2 種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づい
て前記対象物の方位を検出する方位検出処理を行い、これら 2 種類以上の平均ピッチの受
信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づいて検出された前記対象物の方位が一
致すると判定した場合には当該検出された前記対象物の方位は正しいと判定し、これら 2
種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づいて検出さ
れた前記対象物の方位が不一致であると判定した場合には当該検出された前記対象物の方
位は正しくないと判定する判定部
を備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の車載用のレー
ダ装置。

30

【請求項 6】

車載用のレーダ装置におけるレーダ方法であって、
送信波生成部が、異なる第 1 ~ 第 3 の変調波を生成する手順と、
送信アンテナが、前記異なる第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく送信波を送信する手順と、
受信アンテナが、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する手順と
、
方位検出部が、前記受信波から前記異なる第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく信号を検出し、
検出した信号に基づいて、前記対象物の方位を検出する手順と、
を含むことを特徴とする車載用のレーダ方法。

40

【請求項 7】

車載用のレーダ装置のコンピュータに、
送信波生成部が、異なる第 1 ~ 第 3 の変調波を生成する手順と、
送信アンテナが、前記異なる第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく送信波を送信する手順と、
受信アンテナが、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する手順と
、

50

方位検出部が、前記受信波から前記異なる第1～第3の変調波に基づく信号を検出し、
 検出した信号に基づいて、前記対象物の方位を検出する手順と、
 を実行させるための車載用のレーダプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車載用のレーダ装置、車載用のレーダ方法及び車載用のレーダプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車などの車両における利便性や安全性の向上のために、センシング装置として、ミリ波レーダを利用した車載用のレーダ装置の搭載が活発となっている。

特に、縦方向の検出手法としては、対象物（物体）との距離と相対速度を同時に取得することが可能であるFMCW（Frequency Modulated Continuous Wave）方式が一般的に用いられている。また、横方向の検出手法として、デジタルビームフォーミング（DBF：Digital Beam Forming）による対象物の方位検出や、MUSIC（Multiple Signal Classification）による対象物の分離などの方式が一般的に知られている。

【0003】

ここで、車載用のレーダ装置は、例えば、車両の前方に電波（送信波）を送出して、当該車両の前方に存在する対象物に関する情報を検出（検知）するために、当該車両の前方の部分に設けられる。

【0004】

受信アンテナが並んだアレーアンテナによって反射物（対象物）からの反射波を受信して、その受信信号をミキサによりミキシングすることにより、ビート信号を生成する。その後、このビート信号をA/D（Analog to Digital）変換器によりデジタル信号にして取り込み、そのデジタル信号をFFT（Fast Fourier Transform）処理することにより、反射物に対する周波数成分を抽出する。そして、変調周波数の増加区間と減少区間において抽出された周波数成分の組み合わせにより、対象物の相対速度と距離を算出する。

【0005】

また、車載用のレーダ装置では、反射物に対する周波数成分に対して、DBFや高分解能アルゴリズムなどの信号処理を用いた方位検出を行うことで、対象物の方位を算出する。

【0006】

このような車載用のレーダ装置において、反射物は、車両、歩行者、自動二輪車等である。反射物が歩行者や自動二輪車の場合、車両に比べて反射断面積が小さいため、車両より反射波の振幅が低い。このため、同じ増幅率で反射波を取得した場合、車載用のレーダ装置では、生成したビート信号が飽和し、又はビート信号がノイズに埋もれてピーク信号が検出できず、反射物を検出できない場合がある。

このため、特許文献1では、第1と第2の送受信期間とで、異なる利得を用いてピーク信号を生成して、反射物の相対速度相対距離を検出していた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-112937号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

例えば、車載用のレーダ装置において、複数のセンサ、例えば撮像装置とレーダ装置を

10

20

30

40

50

組み合わせて、歩行者を検知することが提案されている。この場合、レーダ機能を近距離に特化しているため、歩行者の検出以外に車両検出のための中・遠距離用のレーダ装置等が必要なため、装置のコストが高くなる。

【0009】

また、特許文献1では、F W C M変調波にて取得した反射波のデータは、ダイナミックレンジに制約があるため、反射波の利得を下けている。このため、特許文献1では、歩行者、自転車など反射断面積が小さく反射波の振幅が小さい反射物の検出が、不安定、又は検出できない場合があるという問題点があった。

【0010】

本発明は、上述の課題を鑑み、反射波の振幅が大きい対象物と反射波の振幅が小さい対象物の検出をできるようにする車載用のレーダ装置、車載用のレーダ方法及び車載用のレーダプログラムを提唱することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

(1) 上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る車載用のレーダ装置は、異なる第1～第3の変調波を生成する送信波生成部と、前記異なる第1～第3の変調波に基づく送信波を送信する送信アンテナと、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する受信アンテナと、前記受信波から前記異なる第1～第3の変調波に基づく信号を検出し、検出した信号に基づいて、前記対象物の方位を検出する方位検出部と、を備えることを特徴としている。

【0012】

(2) また、本発明の車載用のレーダ装置において、前記送信波は、前記第1の変調波、前記第2の変調波、前記第3の変調波の順で、且つ前記第1～第3の変調波が所定の時間間隔で配置されている信号波を含むようにしてもよい。

【0013】

(3) また、本発明の車載用のレーダ装置において、前記第1の変調波の変調時間は、前記第2及び第3の変調波の変調時間より長く、前記第2の変調波の変調時間は、前記第3の変調波の変調時間より長いようにしてもよい。

【0014】

(4) また、本発明の車載用のレーダ装置において、前記方位検出部は、前記第1の変調波に基づく信号と前記第2の変調波に基づく信号とに基づき、第1対象物の方位を検出し、前記第2の変調波に基づく信号と前記第3の変調波に基づく信号とに基づき、第2対象物の方位を検出するようにしてもよい。

【0015】

(5) また、本発明の車載用のレーダ装置において、前記受信アンテナは、受信アレーアンテナとして、整数倍の関係にない2種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナを実現する複数の受信アンテナを備え、前記2種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づいて前記対象物の方位を検出する方位検出処理を行い、これら2種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づいて検出された前記対象物の方位が一致すると判定した場合には当該検出された前記対象物の方位は正しいと判定し、これら2種類以上の平均ピッチの受信アレーアンテナのそれぞれによる受信信号に基づいて検出された前記対象物の方位が不一致であると判定した場合には当該検出された前記対象物の方位は正しくないと判定する判定部を備えるようにしてもよい。

【0016】

(6) 上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る車載用のレーダ方法は、車載用のレーダ装置におけるレーダ方法であって、送信波生成部が、異なる第1～第3の変調波を生成する手順と、送信アンテナが、前記異なる第1～第3の変調波に基づく送信波を送信する手順と、受信アンテナが、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する手順と、方位検出部が、前記受信波から前記異なる第1～第3の変調波に基づく信号

10

20

30

40

50

を検出し、検出した信号に基づいて、前記対象物の方位を検出する手順と、を含むことを特徴としている。

【0017】

(7) 上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る車載用のレーダプログラムは、車載用のレーダ装置のコンピュータに、送信波生成部が、異なる第1～第3の変調波を生成する手順と、送信アンテナが、前記異なる第1～第3の変調波に基づく送信波を送信する手順と、受信アンテナが、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する手順と、方位検出部が、前記受信波から前記異なる第1～第3の変調波に基づく信号を検出し、検出した信号に基づいて、前記対象物の方位を検出する手順と、を実行させることを特徴としている。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、異なる第1～第3の変調波を送信して、この異なる第1～第3の変調波に基づく反射波に基づいて対象物を検出するようにしたので、反射波の振幅が大きい対象物（例えば車両）と反射波の振幅が小さい対象物（例えば歩行者）とを検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態に係る車載用のレーダ装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る第1～第3の変調波の一例を説明する図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るフィルタにより帯域制限したビート信号の周波数特性の一例を説明する図である。

20

【図4】本発明の一実施形態に係る信号処理部において行われる処理の手順の一例を示すフローチャート図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る受信アレーアンテナの構成例を説明する図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る方位検出部28と折返しターゲット判定部29において行われる処理の手順の一例を示すフローチャート図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る不等間隔アレーにおける折り返しを説明する図である。

【図8】シミュレーションにおける自車と他車との関係を示す図である。

【図9】自車に搭載された本実施形態に係るレーダ装置に関するシミュレーションの結果を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る車載用のレーダ装置の構成を示すブロック図である。

本実施形態では、車載用のレーダ装置の一例として、電子走査型レーダ装置（FMCW方式のミリ波レーダ装置）を示す。

本実施形態に係る車載用のレーダ装置は、車両（本実施形態では、一例として、自動車）の前方に電波（送信波）を送出して、当該車両の前方に存在する対象物（ターゲット）に関する情報を検出（検知）するために、当該車両の前方の部分に設けられている。

40

【0021】

本実施形態に係るレーダ装置は、 n （ n は複数）個の受信アンテナ（受信素子） $1-1 \sim 1-n$ 、 n 個のミキサ $2-1 \sim 2-n$ 、 n 個のフィルタ $3-1 \sim 3-n$ 、スイッチ（SW）4、A/D変換器（ADC）5、制御部6、三角波生成部（送信波生成部）7、電圧制御発振器（VCO：Voltage Controlled Oscillator）（送信波生成部）8、分配器9、送信アンテナ10、及び信号処理部（検出部）20を備える。

また、本実施形態に係るレーダ装置は、 n 個のアンプ（増幅器） $41-1 \sim 41-n$ 、アンプ42、アンプ（送信波生成部）43、アンプ44、及び n 個のアンプ $45-1 \sim 4$

50

5 - nを備える。

【0022】

ここで、本実施形態に係るレーダ装置は、受信アレーアンテナを構成するn個のチャンネル(CH)の受信系を有している。チャンネルごとに、受信アンテナ1-1~1-n、アンプ41-1~41-n、ミキサ2-1~2-n、フィルタ3-1~3-n、及びアンプ45-1~45-nを有する。

本実施形態では、一例として、n=5である場合を示す。

【0023】

信号処理部20は、メモリ21、周波数分離処理部22、ピーク検知部23、ピーク組合せ部24、距離検出部25、速度検出部26、ペア確定部27、方位検出部28、折返しターゲット判定部(判定部)29、及びターゲット確定部30を備える。

10

【0024】

本実施形態に係るレーダ装置において行われる概略的な動作の例を説明する。

三角波生成部7は、制御部6により制御されて、第1~第3の三角波信号を生成してアンプ43に出力する。

アンプ43は、三角波生成部7から入力された第1~第3の三角波信号を増幅してVCO8に出力する。

VCO8は、アンプ43から入力された第1~第3の三角波信号に基づいて、当該第1~第3の三角波信号について周波数変調を行った第1~第3の変調波を含む信号を送信信号として分配器9に出力する。

20

【0025】

分配器9は、VCO8から入力された送信信号を2つに分配して、一方の分配信号をアンプ44に出力し、他方の分配信号を各アンプ45-1~45-nに出力する。

アンプ44は、分配器9から入力された信号を増幅して送信アンテナ10に出力する。送信アンテナ10は、アンプ44から入力された信号を送信波として無線により送信する。この送信波は、対象物によって反射される。

【0026】

各受信アンテナ1-1~1-nは、送信アンテナ10から送信された送信波が対象物によって反射して到来する反射波(すなわち、受信波)を受信し、受信した受信波を各アンプ41-1~41-nに出力する。この受信波は、第1~第3の変調波を含む送信波の反射波である。

30

各アンプ41-1~41-nは、各受信アンテナ1-1~1-nから入力された受信波を増幅して各ミキサ2-1~2-nに出力する。

【0027】

各アンプ45-1~45-nは、分配器9から入力された信号(送信信号が分配されたもの)を増幅して各ミキサ2-1~2-nに出力する。

各ミキサ2-1~2-nは、各アンプ41-1~41-nから入力される受信波の信号と、各アンプ45-1~45-nから入力される信号(送信アンテナ10から送信される送信波の信号)とを混合(ミキシング)して、それぞれの周波数差に対応したビート信号を生成し、生成したビート信号を各フィルタ3-1~3-nに出力する。

40

【0028】

各フィルタ3-1~3-nは、各ミキサ2-1~2-nから入力されたビート信号(各受信アンテナ1-1~1-nに対応したチャンネル1~nのビート信号)に対して帯域制限を行い、帯域制限したビート信号をスイッチ4に出力する。

スイッチ4は、制御部6から入力されるサンプリング信号に対応して、各フィルタ3-1~3-nから入力されたビート信号を、順次切り替えて、アンプ42に出力する。

アンプ42は、スイッチ4から入力されたビート信号を増幅してA/D変換器5に出力する。

【0029】

A/D変換器5は、制御部6から入力されるサンプリング信号に対応して、スイッチ4

50

からサンプリング信号に同期して入力されるビート信号（各受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n に対応した各チャンネル 1 ~ n のビート信号）を、サンプリング信号に同期して A / D 変換することで、アナログ信号からデジタル信号へ変換し、これにより得られたデジタル信号を信号処理部 2 0 におけるメモリ 2 1 の波形記憶領域に順次記憶させる。

【 0 0 3 0 】

制御部 6 は、例えば、マイクロコンピュータなどを用いて構成されている。制御部 6 は、図示しない ROM (Read Only Memory) などに格納された制御プログラムに基づいて、レーダ装置における全体の制御を行う。具体例として、制御部 6 は、三角波生成部 7 により三角波信号を生成する処理を制御し、また、あらかじめ定められたサンプリング信号を生成してスイッチ 4 と A / D 変換器 5 に出力する。

10

【 0 0 3 1 】

次に、信号処理部 2 0 において行われる概略的な動作の例を説明する。

メモリ 2 1 は、その波形記憶領域に、A / D 変換器 5 により得られたデジタル信号（ビート信号）を、アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n ごとに対応させて、記憶している。このデジタル信号は、第 1 ~ 第 3 の変調波における上昇部分および下降部分の時系列データとなる。なお、第 1 ~ 第 3 の変調波については後述する。

例えば、上昇部分と下降部分のそれぞれにおいて 2 5 6 個の値をサンプリングした場合には、 $2 \times 2 5 6$ 個 \times アンテナ数のデータが、メモリ 2 1 の波形記憶領域に記憶される。

【 0 0 3 2 】

周波数分離処理部 2 2 は、周波数変換（例えば、フーリエ変換、D T C、アダマール変換、ウェーブレット変換など）により、各チャンネル 1 ~ n（各受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n）に対応するビート信号を、それぞれ、あらかじめ設定された分解能に応じて周波数成分へ変換する。周波数分離処理部 2 2 は、これにより得られる、ビート周波数を示す周波数ポイントと、そのビート周波数の複素数データを、ピーク検知部 2 3 及び方位検出部 2 8 に出力する。

20

【 0 0 3 3 】

ピーク検知部 2 3 は、周波数分離処理部 2 2 から入力された情報に基づいて、第 1 ~ 第 2 の変調波に基づく三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれにおいて、あらかじめ設定された数値を超える複素数データのピーク値（例えば、受信強度あるいは振幅などのピーク値）を有するビート周波数を検出することにより、ビート周波数ごとに対象物の存在を検出（検知）して、検出した対象物に対応したビート周波数をターゲット周波数として選択する。ピーク検知部 2 3 は、ターゲット周波数の検出結果（ターゲット周波数のビート周波数とそのピーク値）をピーク組合せ部 2 4 に出力する。

30

【 0 0 3 4 】

なお、ピーク検知部 2 3 では、例えば、いずれかの受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n に関する複素数データを周波数スペクトル化したもの、または、全ての受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n に関する複素数データの加算値を周波数スペクトル化したものなどに基づいて、周波数スペクトルにおける各ピーク値に対応するビート周波数をターゲット周波数として検出することができる。ここで、全ての受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n の複素数データの加算値を用いる場合には、ノイズ成分が平均化されて S / N 比（信号対雑音比）が向上することが期待される。

40

【 0 0 3 5 】

ピーク組合せ部 2 4 は、ピーク検知部 2 3 から入力された情報（ターゲット周波数のビート周波数とそのピーク値）について、第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく三角波のうち、第 1 と第 2 の変調波に基づく三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数とそのピーク値をマトリクス状に総当たりで組合わせる。これにより上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数を全て組合わせて、この組合わせの結果を、順次、距離検出部 2 5 と速度検出部 2 6 に出力する。

また、ピーク組合せ部 2 4 は、ピーク検知部 2 3 から入力された情報について、第 2 と第 3 の変調波に基づく三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数

50

とそのピーク値をマトリクス状に総当たりで組合わせる。これにより上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数を全て組合わせて、この組合わせの結果を、順次、距離検出部 25 と速度検出部 26 に出力する。

【0036】

距離検出部 25 は、ピーク組合せ部 24 から順次入力される上昇部分と下降部分の組合わせにおけるビート周波数（ターゲット周波数）を加算した数値に基づいて、対象物との距離 r を演算し、その結果（この例では、ピーク値を含む）をペア確定部 27 に出力する。

距離 r は、次式（1）で表される。

【0037】

$$r = \{ C \cdot T / (2 \cdot f) \} \cdot \{ (f_u + f_d) / 2 \} \cdot \cdot (1)$$

【0038】

式（1）において、 C は光速度を表し、 T は変調時間（上昇部分または下降部分）を表し、 f は三角波の周波数変調幅を表す。また、 f_u はピーク組合せ部 24 から出力される三角波の上昇部分のターゲット周波数を表し、 f_d はピーク組合せ部 24 から出力される三角波の下降部分のターゲット周波数を表す。

【0039】

速度検出部 26 は、ピーク組合せ部 24 から順次入力される上昇部分と下降部分の組合わせにおけるビート周波数（ターゲット周波数）の差分の数値に基づいて、対象物との相対速度 v を演算し、その結果（この例では、ピーク値を含む）をペア確定部 27 に出力する。

相対速度 v は、次式（2）で表される。

【0040】

$$v = \{ C / (2 \cdot f_0) \} \cdot \{ (f_u - f_d) / 2 \} \cdot \cdot (2)$$

【0041】

式（2）において、 f_0 は三角波の中心周波数を表す。

【0042】

ペア確定部 27 は、距離検出部 25 から入力された情報および速度検出部 26 から入力された情報に基づいて、対象物ごとに対応した上昇部分および下降部分のそれぞれのピークの適切な組合わせを判定して、上昇部分および下降部分のそれぞれのピークのペアを確定し、確定したペア（距離 r 、相対速度 v 、周波数ポイント）を示すターゲット群番号を周波数分離処理部 22 に出力する。

【0043】

なお、ここでは、各ターゲット群は、方位が決定されていないため、本実施形態に係るレーダ装置における受信アンテナレーの配列方向に対する垂直軸に対して、受信アンテナ 1-1 ~ 1-n の配列方向に平行な横方向の位置は決定されていない。

【0044】

方位検出部 28 は、周波数分離処理部 22 から入力された情報、ペア確定部 27 から入力された情報に基づいて、対象物の方位（方位角度）を検出（以下、方位検出ともいう）して出力する。

【0045】

ここで、方位検出部 28 により対象物の方位を検出するために使用する手法（例えば、アルゴリズム）としては、後述する方位検出に関する本実施形態に係るレーダ装置に特徴的な点を除いて、公知のものを含めて様々な手法が用いられてもよい。

具体例として、方位検出部 28 は、高分解能アルゴリズムである AR スペクトル推定法や MUSIC 法などを用いてスペクトル推定処理を行い、スペクトル推定処理の結果に基づいて、対象物の方位を検出することができる。なお、本実施形態では、修正共分散法（MCOV 法）を利用する。

【0046】

方位検出部 28 に対応する構成部分は、信号処理部 20 において用いられる方位検出の

10

20

30

40

50

手法によって、その手法に合わせた構成や動作が用いられ、本実施形態とは異なる構成や動作が用いられてもよい。また、方位検出の手法としては、他の例として、DBF (Digital Beam Forming; デジタルビームフォーミング) などを用いてもよい。

【0047】

なお、対象物について、距離、相対速度、方位（方位角度）を検出する原理としては、後述する方位検出に関する本実施形態に係るレーダ装置に特徴的な点を除いて、例えば、特開2011-163883号公報などに開示される公知の技術を利用することが可能である。

【0048】

次に、周波数分離処理部22において行われる動作について説明する。

本実施形態に係るレーダ装置では、送信信号に対して、対象物からの反射波である受信信号が、本実施形態に係るレーダ装置と対象物との距離に比例して時間遅れ方向（例えば、図示しないグラフの右方向）に遅延されて受信される。さらに、受信信号は、本実施形態に係るレーダ装置と対象物との相対速度に比例して、送信信号に対して周波数方向（例えば、図示しないグラフの上下方向）に変動する。

【0049】

このとき、ビート信号を周波数変換すると、対象物が1つである場合には、三角波の上昇部分（上昇領域）および下降部分（下降領域）のそれぞれに1つのピーク値を有することとなる。

【0050】

周波数分離処理部22は、メモリ21に蓄積されたビート信号がサンプリングされたデータを、三角波の上昇部分（上り）と下降部分（下り）のそれぞれについて、周波数分解（例えば、フーリエ変換など）により、離散時間に周波数変換する。すなわち、周波数分離処理部22は、ビート信号をあらかじめ設定された周波数帯域幅を有するビート周波数に周波数分解して、ビート周波数ごとに分解されたビート信号に基づいた複素数データを算出する。

この結果、周波数分離処理部22は、三角波の上昇部分と下降部分において、それぞれ、周波数分解されたビート周波数ごとの信号レベルを得て、この結果をピーク検知部23及び方位検出部28に出力する。

【0051】

例えば、受信アンテナ1-1~1-nごとに三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれについて256個のサンプリングが行われたデータを有する場合には、三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれにおいて128個の複素数データ（2×128個×アンテナ数のデータ）となる。

ここで、受信アンテナ1-1~1-nごとの複素数データには、所定の角度に依存した位相差があり、それぞれの複素数データの複素平面上における絶対値（例えば、受信強度あるいは振幅など）は等価である。

【0052】

ここで、所定の角度について説明する。

受信アンテナ1-1~1-nが、アレー状に配置される場合を考える。

受信アンテナ1-1~1-nには、アンテナを配列している面に対する垂直方向の軸に対して角度 θ の方向から入射される、対象物からの到来波（入射波、すなわち送信アンテナ10から送信した送信波に対する対象物からの反射波）が入力する。

【0053】

このとき、その到来波は、受信アンテナ1-1~1-nにおいて同一の角度 θ で受信される。

この同一の角度 θ およびある2個の隣接する受信アンテナ1-1~1-nの間隔 d により求められる位相差（経路差である「 $d \cdot \sin \theta$ 」に比例する値）が、これら2個の隣接する受信アンテナ1-1~1-nの間で発生する。

10

20

30

40

50

この位相差を利用して、DBFや高分解能アルゴリズムなどの信号処理を用いた方位検出を行うことで、対象物の方位（角度）を検出することができる。

【0054】

折返しターゲット判定部29は、方位検出部28が出力した情報に基づいて、後述するように、ピーク信号が対象物のものであるのか、折り返しによるものであるのかを判定し、判定した結果に基づいて、折り返しによる影響を除外する。折返しターゲット判定部29は、このように、折り返しによる影響を除外した対象物の方位を示す情報をターゲット確定部30に出力する。

【0055】

ターゲット確定部30は、周波数分離処理部22が方位検知し、折返しターゲット判定部29が折り返しによる影響を除外した対象物をターゲット（検出した対象物）として確定する。また、ターゲット確定部30は、例えば予め定められた周期で、この対象物の方位を繰り返して、後述するように他の処理部（周波数分離処理部22、折返しターゲット判定部29等）とともに、トラッキング処理を行う。

【0056】

ここで、第1～第3の変調波について説明する。

図2は、本発明の一実施形態に係る第1～第3の変調波の一例を説明する図である。図2において、横軸は時間を表し、縦軸は周波数を表している。

波形MA1は第1の変調波であり、波形MA2は第2の変調波であり、波形MA3は第3の変調波である。図2に示すように、第1～第3の変調波は、各々、三角波である。波形MA1は、上昇部分MA1a及び下降部分MA1bを有し、上昇部分MA1a及び下降部分MA1bの変調時間が各々 t_1 である。波形MA2は、上昇部分MA2a及び下降部分MA2bを有し、上昇部分MA2a及び下降部分MA2bの変調時間が各々 t_2 である。波形MA3は、上昇部分MA3a及び下降部分MA3bを有し、上昇部分MA3a及び下降部分MA3bの変調時間が各々 t_3 である。変調時間 t_1 は変調時間 t_2 及び t_3 より長く、変調時間 t_2 は変調時間 t_3 より長い。すなわち、変調時間の関係は、 $t_1 > t_2 > t_3$ である。また、図2に示すように、波形MA1～波形MA3の変調幅 f は、互いに等しい。また、 f_0 は、変調波の中心周波数を表す。また、本発明に係るレーダ装置では、図2に示したように、第1の変調波、第2の変調波、第3の変調波の順で、かつ所定の時間間隔して送信する。所定の時間間隔は、0であってもよく、等間隔であってもよく、あるいは不等間隔であってもよい。また、本実施形態では、第1の変調波、第2の変調波、第3の変調波の順で送信する例を説明したが、送信する順番は、他の順番であってもよい。ただし、この場合であっても、レーダ装置は、第1の変調波、第2の変調波、第3の変調波を所定の時間間隔で送信する。

後述するように、本発明では、第1の変調波（MA1）と第2の変調波（MA2）とに基づいて遠距離の車両等の対象物の検出を行う。また、本発明では、第2の変調波（MA2）と第3の変調波（MA3）とに基づいて近距離の歩行者、自転車、自動二輪車等の対象物の検出を行う。

【0057】

上述したように、本発明では、異なる第1～第3の変調波（MA1～MA3）を生成する送信波生成部（三角波生成部7、アンプ43、VCO8）と、異なる第1～第3の変調波に基づく送信波を送信する送信アンテナ（10）と、送信波が対象物によって反射されて到来する受信波を受信する受信アンテナ（1-1～1-n）と、受信波から異なる第1～第3の変調波に基づく信号を検出し、検出した信号に基づいて、対象物の方位を検出する方位検出部（方位検出部28）と、を備えている。

【0058】

次に、第1の変調波～第3の変調波の特性について説明する。

図3は、本発明の一実施形態に係るフィルタ3-1～3-nにより帯域制限したピート信号の周波数特性の一例を説明する図である。図3において、横軸は車両の前方からの距離を表し、縦軸はフィルタ3-nの利得を表している。波形g1は、第1の変調波の距離

10

20

30

40

50

対利得であり、波形 g 2 は、第 2 の変調波の距離対利得であり、波形 g 3 は、第 3 の変調波の距離対利得である。また、図 3 において、距離 1 1 ~ 1 5 の大小関係は、距離 1 2 は距離 1 1 より大きく、距離 1 3 は距離 1 2 より大きく、距離 1 4 は距離 1 3 より大きく、距離 1 5 は距離 1 4 より大きい。

図 3 に示すように、第 1 の変調波（波形 g 1）の距離 1 1 における利得は約 6 0 [d B] である。第 2 の変調波（波形 g 2）の距離 1 1 における利得は約 6 5 [d B] である。第 3 の変調波（波形 g 3）の距離 1 1 における利得は約 7 5 [d B] である。矢印 g 4 に示すように、距離 1 1 において、第 1 の変調波（波形 g 1）に対して第 3 の変調波（波形 g 3）の利得は、約 1 5 [d B] 高い。

【 0 0 5 9 】

一方、第 1 の変調波（波形 g 1）の距離 1 4 における利得は約 7 5 [d B] である。第 2 の変調波（波形 g 2）の距離 1 4 における利得は約 8 0 [d B] である。第 3 の変調波（波形 g 3）の距離 1 1 における利得は、フィルタ 3 - 1 ~ 3 - n の特性のため、約 3 5 [d B] である。

このように、第 1 の変調波は、距離 1 1、1 2 等の近距離での利得が低い、距離 1 4、1 5 等の遠距離での利得が高い。このため、第 1 の変調波は、遠距離における反射波の振幅が大きい対象物（第 1 対象物）の検出に適している。一方、第 3 の変調波は、距離 1 1、1 2 等の近距離での利得が高い、距離 1 4、1 5 等の遠距離での利得が低い。このため、第 3 の変調波は、近距離における反射波の振幅が小さい対象物（第 2 対象物）の検出に適している。また、第 2 の変調波は、例えば中距離における対象物の検出に用いるようにしてもよい。

従って、本発明のレーダ装置では、第 3 の変調波に基づく送信波が含まれているため、他の第 1 及び第 2 の変調波と同じ経路を経た反射波であっても、信号の検知レベルを相対的に上げることができる。なお、経路とは、レーダ装置から送信されてから対象物までの往路と、この反射波が対象物からレーダ装置に戻ってくる復路のことである。このため、この第 3 の変調波を用いて、近距離において、反射面積が小さく、反射波の振幅（レベル）が小さい対象物であっても精度良く検出することができる。

【 0 0 6 0 】

次に、本発明に係る対象物の検出手順について説明する。

図 4 は、本発明の一実施形態に係る信号処理部 2 0 において行われる処理の手順の一例を示すフローチャート図である。

【 0 0 6 1 】

（ステップ S 1）制御部 6 は、三角波生成部 7 に第 1 ~ 第 3 の変調波を含む信号を生成するように制御する。次に、三角波生成部 7 は、生成した信号を送信波として、送信アンテナ 1 0 を介して送信する。次に、各ミキサ 2 - 1 ~ 2 - n は、受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n を介して受信した受信波に基づく受信波と、分配器 9 から入力された信号に基づく信号とを混合して、それぞれの周波数差に対応したビート信号を生成し、生成したビート信号を各フィルタ 3 - 1 ~ 3 - n に出力する。次に、A / D 変換器 5 は、各フィルタ 3 - 1 ~ 3 - n により帯域制限されたビート信号を、アナログ信号からデジタル信号へ変換し、変換したデジタル信号をメモリ 2 1 の波形記憶領域に順次記憶させる。

【 0 0 6 2 】

（ステップ S 2）周波数分離処理部 2 2 は、メモリ 2 1 に記憶されているデジタル化されたビート信号に対して周波数変換を行うことで、各チャンネル 1 ~ n（各受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - n）に対応するビート信号を、それぞれ、あらかじめ設定された分解能に応じて周波数成分へ変換する。

【 0 0 6 3 】

（ステップ S 3）ピーク検知部 2 3 は、ビート信号の周波数のピークを検出する。具体的には、ピーク検知部 2 3 は、周波数分離処理部 2 2 から入力された情報に基づいて、第 1 ~ 第 3 の変調波に基づく三角波（M A 1 ~ M A 3（図 2 参照））の上昇部分（M A 1 a、M A 2 a、M A 3 a）および下降部分（M A 1 b、M A 2 b、M A 3 b）のそれぞれにお

10

20

30

40

50

いて、あらかじめ設定された数値を超える複素数データのピーク値を有するビート周波数を検出する。この処理により、ピーク検知部 23 は、ビート周波数ごとに対象物の存在を検出して、検出した対象物に対応したビート周波数をターゲット周波数として選択する。そして、ピーク検知部 23 は、ターゲット周波数の検出結果（ターゲット周波数のビート周波数とそのピーク値）をピーク組合せ部 24 に出力する。

【0064】

（ステップ S4）ピーク組合せ部 24 は、ビート信号のペアリングを実施する。具体的には、ピーク組合せ部 24 は、ピーク検知部 23 から入力された情報に基づいて、三角波の上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数とそのピーク値をマトリクス状に総当たりで組合わせる。ピーク組合せ部 24 は、この処理により上昇部分および下降部分のそれぞれにおけるビート周波数を全て組合わせる。

具体的には、ピーク組合せ部 24 は、遠距離の検出用に、第 1 の変調波と第 2 の変調波とを組み合わせる。さらに、ピーク組合せ部 24 は、近距離の検出用に、第 2 の変調波と第 3 の変調波とを組み合わせる。

【0065】

（ステップ S5）方位検出部 28 は、周波数分離処理部 22 から入力された情報、ペア確定部 27 から入力された情報に基づいて、DBF 処理によりスペクトル推定処理を行いピークの方位検出を行う。DBF 処理とは、周波数分離処理部 22 から得られるビート信号のサンプリングデータのうち、対象物からの反射波からなる受信波の到来方向（対象物の方位）に応じて空間方向に並んだサンプリングデータを対象とした場合の FFT 処理に相当する。

【0066】

（ステップ S6）方位検出部 28 は、周波数分離処理部 22 から入力された情報、ペア確定部 27 から入力された情報に基づいて、MCOV 法を用いてスペクトル推定処理を行う。次に、折返しターゲット判定部 29 は、方位検出部 28 が出力した情報に基づいて、ピーク信号が対象物のものであるのか、折り返しによるものであるのかを判定し、判定した結果に基づいて、折り返しによる影響を除外する。折返しターゲット判定部 29 は、このように、折り返しによる影響を除外した対象物の方位を示す情報をターゲット確定部 30 に出力する。なお、ステップ S6 の処理については、後述する。

すなわち、図 4 に示した例では、ステップ S5 とステップ S6 において、方位検出部 28 は、DBF 処理を用いた方位検出処理と、MCOV 法を用いた方位検出処理を実施し、これらの 2 種の方位検出処理の結果の組み合わせから対象物の方位を特定する。

【0067】

（ステップ S7）ターゲット確定部 30 は、ステップ S6 で方位検出された対象物に対して、トラッキング処理を行う。

【0068】

図 4 に示した例では、このように DBF 処理とスペクトラム推定法に基づく処理とを組み合わせた場合、DBF 処理により得られた複数のローブの中から、スペクトル推定法により得られたスペクトルのピークに基づいてメインローブを特定できる。図 4 に示した例では、DBF 処理により得られた複数のローブをメインローブとサイドローブに区別することができ、これによりメインローブを特定することができる。従って、図 4 に示した例では、DBF 処理の利点である対象物の方位の確からしさを保持しつつ、MCOV 法の利点により対象物の方位を的確に特定することができる。なお、このステップ S5 の DBF 処理は、省略してもよい。

【0069】

次に、本実施形態に係る受信アレーアンテナについて説明する。本実施形態では、n 個の受信アンテナから構成される受信アレーアンテナとして、不等ピッチの受信アレーアンテナを用いている。

【0070】

図 5 は、本発明の一実施形態に係る受信アレーアンテナの構成例を説明する図である。

図5(a)は、本発明の一実施形態に係る不等ピッチの受信アレーアンテナの構成を示すブロック図である。図5(b)は、本実施形態に係る不等ピッチの受信アレーアンテナを構成する受信アンテナの一部を示すブロック図である。

【0071】

図5(a)に示されるように、本実施形態に係る不等ピッチの受信アレーアンテナは、 n (本実施形態では、 $n = 5$) 個の受信アンテナ1-1~1-5を一行に並べた配置で構成されている。第1の受信アンテナ1-1と第2の受信アンテナ1-2との間隔(ピッチ)は d_2 であり、第2の受信アンテナ1-2と第3の受信アンテナ1-3との間隔は d_1 であり、第3の受信アンテナ1-3と第4の受信アンテナ1-4との間隔は d_1 であり、第4の受信アンテナ1-4と第5の受信アンテナ1-5との間隔は d_2 である。

10

【0072】

ここで、間隔 d_1 と間隔 d_2 は、それぞれ、異なる値である($d_1 \neq d_2$)。本実施形態では、 d_1 の方が d_2 よりも大きい($d_1 > d_2$)。

また、間隔 d_1 と間隔 d_2 は、整数倍の関係がない($d_1 \neq p \cdot d_2$: $p = 1, 2, 3, \dots$)。

また、全ての受信アンテナ1-1~1-5について、隣接する受信アンテナの間隔の平均値(平均ピッチ)を d_0 とする($d_0 = (d_2 + d_1 + d_1 + d_2) / 4$)。

【0073】

なお、 n 個の受信アンテナ1-1~1- n から構成される受信アレーアンテナにおいて、 $i = 1, 2, \dots, (n-1)$ として、 $(n-1)$ 個の隣接する受信アンテナの間隔をそれぞれ $d(i)$ と表すと、全ての受信アンテナ1-1~1- n についての平均の間隔(平均ピッチ) d_0 は、式(3)で表される。

20

【0074】

$$d_0 = d(i) / (n-1)$$

(ただし $i = 1 \sim (n-1)$ のときの和を取る) \dots (3)

【0075】

図5(b)に示されるように、本実施形態に係る不等ピッチの受信アレーアンテナを構成する受信アンテナの一部を使用することができる。この例では、3個の受信アンテナとして、第2の受信アンテナ1-2と、第3の受信アンテナ1-3と、第4の受信アンテナ1-4を使用する。この場合、隣接する受信アンテナの間隔はいずれも等しい間隔 d_1 となる。

30

【0076】

なお、このように一部の受信アンテナ1-2~1-4のみを使用することは、一例として、制御部6などにより、使用する受信アンテナ1-2~1-4により受信された信号に関する処理を信号処理部20で行うとともに、使用しない受信アンテナ1-1、1-5により受信された信号に関する処理を信号処理部20で行わないように制御する構成によって、実現することができる。

他の構成例として、このように一部の受信アンテナ1-2~1-4のみを使用することは、制御部6などにより、使用する受信アンテナ1-2~1-4の接続をスイッチなどによりオンにするとともに、使用しない受信アンテナ1-1、1-5の接続をスイッチなどによりオフにする構成によって、実現することができる。

40

【0077】

本実施形態では、図5(a)に示されるように、全ての受信アンテナ1-1~1-5を使用する不等ピッチの受信アレーアンテナを「Aタイプ」(5チャンネルの不等間隔アレーAのタイプ)と称し、また、図5(b)に示されるように、一部の受信アンテナ1-2~1-4を使用する等ピッチの受信アレーアンテナを「Bタイプ」(3チャンネルの等間隔アレーBのタイプ)と称して、説明を行う。

【0078】

本実施形態では、概略的には、図5(a)(または、図5(b))に示される受信アンテナの配置を用いて、対象物(反射物)からの反射波を受信して、ミキサ2-1~2- n

50

によりミキシングすることで、ビート信号を生成する。このビート信号を A / D 変換器 5 によりデジタル信号にしてメモリ 21 に取り込み、信号処理部 20 の周波数分離処理部 22 で FFT 処理することにより、反射物に対する周波数成分を抽出する。そして、第 1 ~ 第 3 の各変調周波数の各増加区間（上昇部分）と各減少区間（下降部分）において抽出された周波数成分の組合わせに基づいて、本実施形態に係るレーダ装置と対象物との距離と相対速度を算出する。

【0079】

また、信号処理部 20 の周波数分離処理部 22 により抽出された反射物に対する周波数成分に対して、方位検出部 28 により対象物の方位を検出する。また、折返しターゲット判定部 29 は、折り返しであるか否かを判定する。

10

この場合に、方位検出部 28 及び折返しターゲット判定部 29 で使用されるアルゴリズムでは、方位検出範囲の内に存在する対象物については方位検出範囲の内にある本物として検出されるが、方位検出範囲の外に存在する対象物については方位検出範囲の内に折返した位置で検出される。

【0080】

そこで、本実施形態では、図 5 (a) に示される「A タイプ」のように異なる間隔 d_1 、 d_2 で受信アンテナを並べた不等ピッチの受信アレーアンテナを用いた場合における全てのチャンネルを使用した対象物の方位検出を行うとともに、図 5 (b) に示される「B タイプ」のように等しい間隔 d_1 で受信アンテナを並べた等ピッチの受信アレーアンテナを用いた場合における一部のチャンネルを使用した対象物の方位検出を行う。

20

【0081】

ここで、受信アレーアンテナでは、隣接する受信アンテナの間隔の平均値（平均ピッチ）で方位検出範囲の広さが決まる。本実施形態では、平均ピッチが d_0 （ d_1 と d_2 の平均値）となる「A タイプ」の受信アレーアンテナと、平均ピッチが d_1 となる「B タイプ」の受信アレーアンテナとでは、方位検出範囲の広さが異なっている。このため、「A タイプ」の受信アレーアンテナを用いた場合における方位検出結果と、「B タイプ」の受信アレーアンテナを用いた場合における方位検出結果との組合わせでは、対象物が両方の方位検出範囲の内（つまり、狭い方の方位検出範囲の内）に存在する場合には互いの方位検出結果が一致するが、対象物が少なくとも一方の方位検出範囲の外（つまり、少なくとも狭い方の方位検出範囲の外であって、2 つの方位検出範囲の共通部分の外）に存在する場合には互いの方位検出結果に差分（ずれ）が生じる算出結果となる。このような互いの方位検出結果の差分は、互いの方位検出範囲の差分に応じたものとなる。

30

【0082】

このことを利用する。具体的には、これら 2 つの方位検出結果が一致した場合には、これら 2 つの方位検出範囲の内に存在する対象物であると判定し、これら 2 つの方位検出結果が一致しなかった場合には、少なくとも一方の方位検出範囲の外に存在する対象物であると判定する。これにより、対象物が方位検出範囲（ここでは、2 つの方位検出範囲の共通部分）の内または外のいずれに存在するのかを判別することができる。

【0083】

また、本実施形態では、上記した 2 つの方位検出結果が一致しなかった場合には、少なくとも一方の方位検出範囲の外に存在する対象物であると判定し、折返しが 1 回であると仮定して（本実施形態では、狭い方の方位検出範囲について 2 回以上の折返しではないと仮定して）、これら 2 つの方位検出結果の関係に基づいて、この対象物の方位を決定することが可能である。これにより、レーダ装置に備える受信アンテナ 1 - 1 ~ 1 - 5 を変更することなく、方位検出範囲の実質的な広角化を実現することができる。

40

【0084】

なお、この例では、少なくとも一方の方位検出範囲の外に存在する対象物について、折返しが 1 回であると仮定しているため、狭い方の方位検出範囲について 2 回以上の折返しがある場合には、対象物の方位は正確には決定されない。

【0085】

50

図6は、本発明の一実施形態に係る方位検出部28と折返しターゲット判定部29において行われる処理の手順の一例を示すフローチャート図である。

【0086】

(ステップS101)方位検出部28は、周波数分離処理部22からデータ(本実施形態では、反射物に対する周波数成分に関するデータ)を受け取る。

【0087】

(ステップS102)方位検出部28は、「Aタイプ」である不等間隔アレーAを用いて、方位検出の処理を行い、対象物の方位(方位角度の位置)を検出する。

(ステップS103)次に、方位検出部28は、「Bタイプ」である等間隔アレーBを用いて、方位検出の処理を行い、対象物の方位(方位角度の位置)を検出する。

なお、ステップS102の処理とステップS103の処理の順序は、逆であってもよい。

【0088】

(ステップS104~ステップS106)折返しターゲット判定部29は、それぞれの対象物ごとに、これら2つの方位検出の結果を比較する処理を行う。

具体的には、ステップS104~ステップS106を以下のように行う。

(ステップS104)折返しターゲット判定部29は、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)と「Bタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)とに差分があるか否かを判定する。

(ステップS105)この判定の結果、折返しターゲット判定部29は、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)と「Bタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)とに差分がないと判定した場合、方位検出範囲(ここでは、2つの方位検出範囲の共通部分)の内に存在する対象物(本物)であるとして、例えば、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)を対象物の方位のデータとして設定する。

【0089】

なお、この場合に、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)の代わりに、「Bタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)を対象物の方位のデータとして設定することも可能である。

【0090】

(ステップS6)一方、前記の判定の結果、折返しターゲット判定部29は、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)と「Bタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)とに差分があると判定した場合、方位検出範囲(ここでは、2つの方位検出範囲の共通部分)の外に存在する対象物が方位検出範囲(ここでは、2つの方位検出範囲の共通部分)の内に折返した位置で検出されたとみなして、これらの方位検出の結果については対象物に関するデータに含めないように除外する。

【0091】

なお、「Aタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)と「Bタイプ」について得られた方位検出の結果(方位角度の位置)とに差分があるか否かを判定する手法としては、一例として、これら2つの方位検出の結果の値(方位角度の位置を示す値)が同一でない場合(つまり、異なる場合)に差分があると判定し、これら2つの方位検出の結果の値が同一である場合に差分がないと判定する手法を用いることができる。

他の例として、これら2つの方位検出の結果の値の誤差を多少許容するようなときには、これら2つの方位検出の結果の値の差があらかじめ定められた閾値以上である場合に差分があると判定し、これら2つの方位検出の結果の値の差が当該閾値未満である場合に差分がないと判定する手法を用いることもできる。

【0092】

このように、図6に示されるフローチャートの例では、方位検出部28は、反射物に対する周波数成分に対して、「Aタイプ」について方位検出処理を行って対象物の方位情報を算出するとともに、「Bタイプ」について方位検出処理を行って対象物の方位情報を算

10

20

30

40

50

出する。折返しターゲット判定部 29 は、これら 2 つのタイプについて対象物の方位情報を算出した後に、それぞれの対象物ごとに、これら 2 つのタイプについて得られた対象物の方位情報を比較する。そして、折返しターゲット判定部 29 は、それぞれの対象物ごとに、これら 2 つのタイプについて得られた対象物の方位情報が一致（誤差が許容されてもよい）している場合に、方位検出範囲（ここでは、2 つの方位検出範囲の共通部分）の内に存在する対象物であると判定して、そのデータを設定する。

【0093】

なお、図 6 に示されるフローチャートの例では、折返しターゲット判定部 29 は、2 つのタイプについて得られた対象物の方位情報が一致（誤差が許容されてもよい）していない場合には、方位検出範囲（ここでは、2 つの方位検出範囲の共通部分）の外に存在する対象物であると判定して、その判定結果をステータスなどに保持させずに、対象物のデータから除外することを行ったが、他の例として、2 つのタイプについて得られた対象物の方位情報が一致（誤差が許容されてもよい）していない場合には、方位検出範囲（ここでは、2 つの方位検出範囲の共通部分）の外に存在する対象物であると判定して、その判定結果をステータスなどに保持させることが行われてもよい。

なお、本実施形態では、折り返しターゲット判定部 29 を備える例を説明したが、折返しターゲット判定部 29 の機能を方位検出部 28 が備えるようにしてもよい。

【0094】

次に、図 7 ~ 図 9 を参照して、折返しターゲット判定部 29 が行う折り返しターゲット判定について説明する。図 7 は、本発明の一実施形態に係る不等間隔アレーにおける折り返しを説明する図である。図 7 (a) は、方位検出範囲 (FOV) の内に対象物が存在する場合の様子を示す図である。図 7 (b) は、方位検出範囲 (FOV) の外 (左) に対象物が存在する場合の様子を示す図である。図 7 (c) は、方位検出範囲 (FOV) の外 (右) に対象物が存在する場合の様子を示す図である。

【0095】

図 7 (a)、図 7 (b)、図 7 (c) に示される方位検出範囲 (FOV) は、「A タイプ」の方位検出範囲と「B タイプ」の方位検出範囲とで狭い方の方位検出範囲 (FOV) を表す。この例では、「B タイプ」の方位検出範囲の方が「A タイプ」の方位検出範囲よりも狭いとする。

【0096】

また、方位検出範囲 (FOV) の外 (左) は、対象物の方位におけるマイナス方向またはプラス方向のうち一方の方向で、方位検出範囲 (FOV) の内から外れた折返しの領域 (折返しエリア) を表す。また、方位検出範囲 (FOV) の外 (右) は、対象物の方位におけるマイナス方向またはプラス方向のうち他方の方向で、方位検出範囲 (FOV) の内から外れた折返しの領域 (折返しエリア) を表す。

【0097】

図 7 (a) の例では、対象物 (ターゲット) 101 が方位検出範囲 (FOV) の内に存在する。この場合、「A タイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位 (方位角度) を表すスペクトル (この例では、スペクトル 102 とする) のピーク位置と、「B タイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位 (方位角度) を表すスペクトル (この例では、スペクトル 103 とする) のピーク位置とが一致する。このため、折り返しターゲット判定部 29 は、この一致したピーク位置に対応する方位角度の位置 (ターゲット検出位置) 104 を対象物 101 の方位として検出する。

【0098】

図 7 (b) の例では、対象物 (ターゲット) 111 が方位検出範囲 (FOV) の外 (左) に存在する。この場合、「A タイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位 (方位角度) を表すスペクトル (この例では、スペクトル 112 とする) のピーク位置と、「B タイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位 (方位角度) を表すスペクトル (この例では、スペクトル 113 とする) のピーク位置とは、ずれて不一致となる。この例では、スペクトル 113 のピーク位置の方がスペクトル 112 のピーク位置

10

20

30

40

50

よりも左側にある。

【0099】

このとき、対象物111の実際の方角（折返しがないとしたときの方角）にはスペクトル114のピーク位置が対応するが、方位検出処理では、1回の折返し位置として、ターゲット検出位置115辺りが対象物111の方角として検出される。

ここで、折り返しターゲット判定部29は、2つのスペクトル112、113のピーク位置の関係を参照して、左方向への折返しであることを判定する。そして、折り返しターゲット判定部29は、1回の折返しであるとみなして、折返しを考慮することで、方位検出処理の結果（例えば、2つのスペクトル112、113のピーク位置の関係）に基づいて、対象物111の実際の方角を決定することができる。これにより、本実施形態によれば、実質的に方位検出範囲（FOV）を広げたことと等価な効果を得ることができる。

10

【0100】

図7(c)の例では、対象物（ターゲット）121が方位検出範囲（FOV）の外（右）に存在する。この場合、「Aタイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位（方位角度）を表すスペクトル（この例では、スペクトル122とする）のピーク位置と、「Bタイプ」を用いて方位検出を行った結果として得られる方位（方位角度）を表すスペクトル（この例では、スペクトル123とする）のピーク位置とは、ずれて不一致となる。この例では、スペクトル123のピーク位置の方がスペクトル122のピーク位置よりも右側にある。

【0101】

20

このとき、対象物121の実際の方角（折返しがないとしたときの方角）にはスペクトル124のピーク位置が対応するが、方位検出処理では、1回の折返し位置として、ターゲット検出位置125辺りが対象物121の方角として検出される。

ここで、折り返しターゲット判定部29は、2つのスペクトル122、123のピーク位置の関係を参照し、右方向への折返しであることを判定する。そして、折り返しターゲット判定部29は、1回の折返しであるとみなして、折返しを考慮することで、方位検出処理の結果（例えば、2つのスペクトル122、123のピーク位置の関係）に基づいて、対象物121の実際の方角を決定することができる。これにより、本実施形態によれば、実質的に方位検出範囲（FOV）を広げたことと等価な効果を得ることができる。

【0102】

30

図8及び図9に、本実施形態に係るレーダ装置に関するシミュレーションの結果を示す。図8は、シミュレーションにおける自車201と他車202との関係を示す図である。この例では、本実施形態に係るレーダ装置が搭載された自車201の前方方向（進行方向）の軸に対して、 $Y[m]$ （ Y は0より大きい値）左の方に、対象物となる他車202が存在する。

【0103】

次に、シミュレーションの条件を説明する。

シミュレーションの条件は、受信アンテナ数（受信素子数）が N （ N は、例えば、3以上の整数）であり、受信アレーアンテナの中央ピッチ d_1 （図5参照）が $d_0 +$ （ $+$ は、例えば、0より大きい値）であり、受信アレーアンテナの両端ピッチ d_2 （図5参照）が $d_0 -$ であり、受信アレーアンテナの合成ピッチ（平均ピッチ）が d_0 である。

40

【0104】

図9は、自車201に搭載された本実施形態に係るレーダ装置に関するシミュレーションの結果を示す図である。図9では、横軸は本実施形態に係るレーダ装置により検出される対象物（他車202）との距離（検出距離[m]）を表し、縦軸は本実施形態に係るレーダ装置により検出される対象物（他車202）の方位角度（方位検出角度[deg]）を表す。

図8における自車201と他車202との距離が遠い位置から次第に近い位置になっていく場合が、図9のグラフに反映されている。

【0105】

50

図9に示されるグラフにおいて、自車201と他車202との距離が R_2 [m] (R_2 は0より大きい値) 辺りから R_1 [m] (R_1 は、0より大きい値であり、 R_2 より小さい値) 辺りまでは、対象物(他車202)が方位検出範囲(ここでは、2つの方位検出範囲の共通部分)の内に存在し、「Aタイプ」の不等間隔アレ- Aを用いた方位検出の結果と「Bタイプ」の等間隔アレ- Bを用いた方位検出の結果とが一致する。この一致する方位検出の結果が、曲線1001で表されている。これにより、本物の方位角度が検出される。

【0106】

一方、自車201と他車202との距離が R_1 [m] 辺りより小さくなると、対象物(他車202)が方位検出範囲(ここでは、2つの方位検出範囲の共通部分)の外へ出て、「Aタイプ」の不等間隔アレ- Aを用いた方位検出の結果(曲線1002で表されている)と「Bタイプ」の等間隔アレ- Bを用いた方位検出の結果(曲線1003で表されている)とが不一致となってしまう。この場合、折返しの方位角度が検出される。

10

【0107】

以上のように、本実施形態に係る車載用のレーダ装置では、異なる第1~第3の変調波に基づく送信波を送信し、この第1~第3の変調波に基づく反射波である受信波に基づいて対象物を検出するようにした。すなわち、本実施形態では、遠距離の対象物に対して、第1及び第2の変調波に基づいて対象物を検出し、近距離の対象物に対して、第2及び第3の変調波に基づいて対象物を検出するようにした。この結果、例えば歩行者のように反射面積が小さくても、受信した信号に対して利得が大きい第3の変調波を用いて、対象物を検出することができる。

20

【0108】

さらに、本実施形態に係る車載用のレーダ装置では、複数の受信アンテナ $1-1 \sim 1-n$ を異なる間隔 d_1 、 d_2 で並べた不等ピッチの受信アレ- アンテナを用いて、2種類の平均的な間隔(平均ピッチ) d_0 、 d_1 を有するアンテナの配置のそれぞれで対象物の方位検出を行い、それぞれの方位検出の結果の一致の有無を相互的に確認し、この確認の結果に基づいて、対象物が方位検出範囲の内に存在するかあるいは外に存在するかを判別する。従って、本実施形態に係る車載用のレーダ装置によれば、方位検出範囲に対して左右のいずれかの外に存在する対象物の折返し位置が検出された場合には、そのことを判定することができる。例えば、このような折返し位置の情報を対象物のデータから除外すること

30

、または、1回の折返しであるとみなして、対象物の方位を検出することができる。この結果、実施形態に係る車載用のレーダ装置では、対象物が遠距離に存在する反射波の振幅が大きい車両であっても、対象物が近距離に存在する反射波の振幅が小さい歩行者であっても、どちらの対象物も適切に検出することができる。

【0109】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

【0110】

また、上述した実施形態に係るレーダ装置の機能(例えば、信号処理部20における方位検出部28あるいは他の処理部22~30のうちの1つ以上の処理部の機能)を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、処理を行ってもよい。なお、ここで言う「コンピュータシステム」とは、OS(Operating System)や周辺機器等のハードウェアを含むものであってもよい。

40

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ等の書き込み可能な不揮発性メモリ、DVD(Digital Versatile Disk)等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことを言う。

【0111】

50

さらに、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（例えばDRAM（Dynamic Random Access Memory））のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

また、上記のプログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことを言う。

また、上記のプログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【符号の説明】

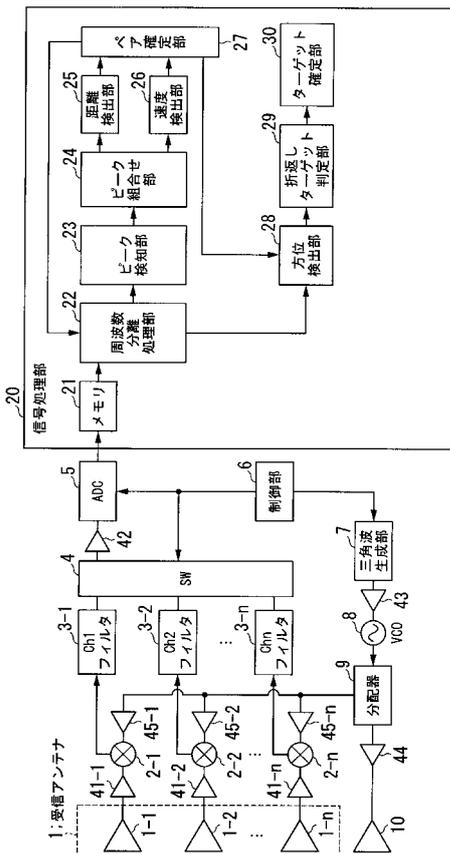
【0112】

- 1 - 1 ~ 1 - n ... 受信アンテナ
- 2 - 1 ~ 2 - n ... ミキサ
- 3 - 1 ~ 3 - n ... フィルタ
- 4 ... スイッチ
- 5 ... A/D変換器
- 6 ... 制御部
- 7 ... 三角波生成部
- 8 ... VCO
- 9 ... 分配器
- 10 ... 送信アンテナ
- 41 - 1 ~ 41 - n、42、43、44、45 - 1 ~ 45 - n ... アンプ（増幅器）
- 20 ... 信号処理部
- 21 ... メモリ
- 22 ... 周波数分離処理部
- 23 ... ピーク検知部
- 24 ... ピーク組合せ部
- 25 ... 距離検出部
- 26 ... 速度検出部
- 27 ... 方位検出部
- 28 ... 折返しターゲット判定部
- 29 ... ターゲット判定部
- 30 ... ターゲット確定部
- 20 ... 信号処理部
- 21 ... メモリ
- 22 ... 周波数分解処理部
- 23 ... ピーク検知部
- 24 ... ピーク組合せ部
- 25 ... 距離検出部
- 26 ... 速度検出部
- 27 ... ペア確定部
- 28 ... 方位検出部
- 29 ... 折返しターゲット判定部
- 30 ... ターゲット確定部

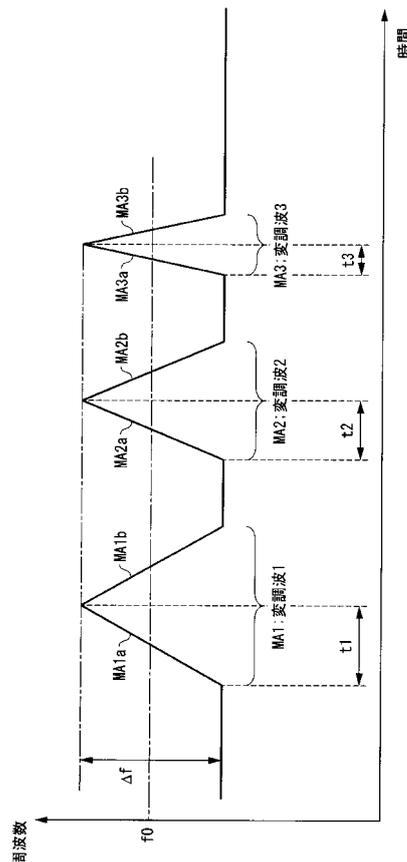
10

20

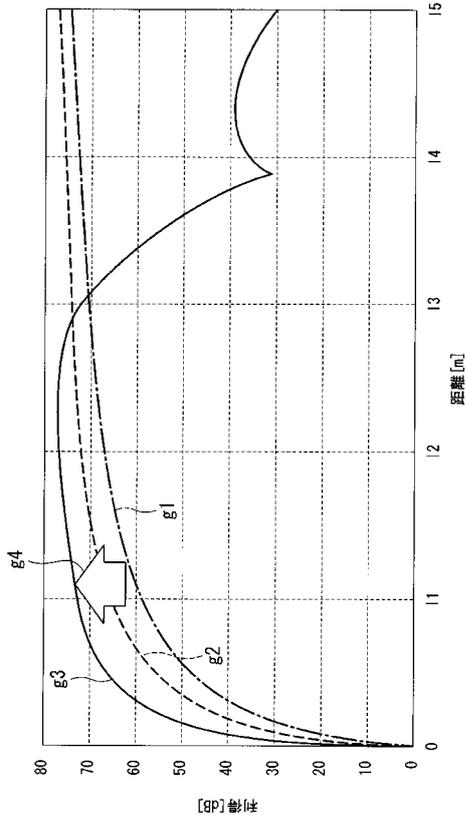
【図1】



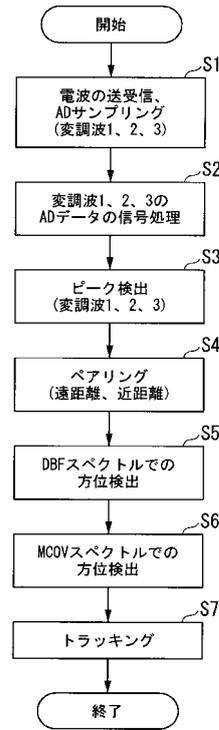
【図2】



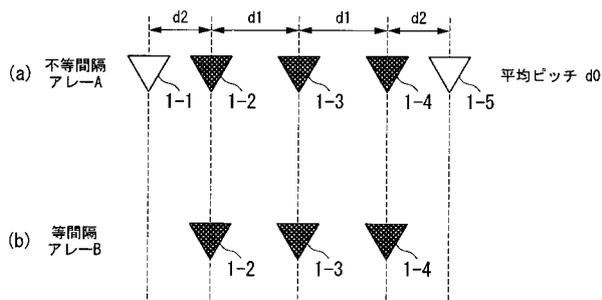
【図3】



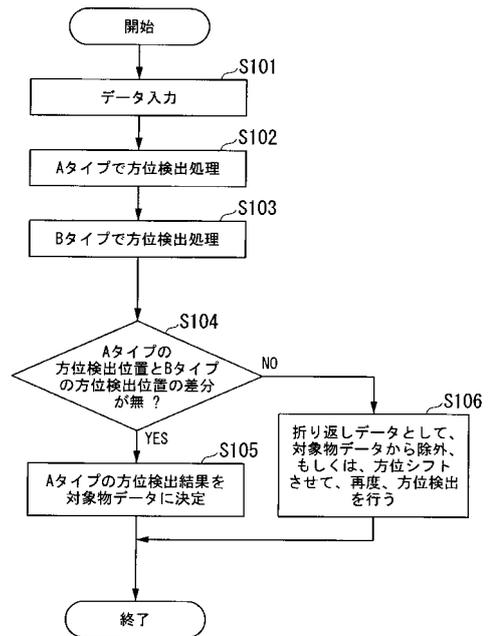
【図4】



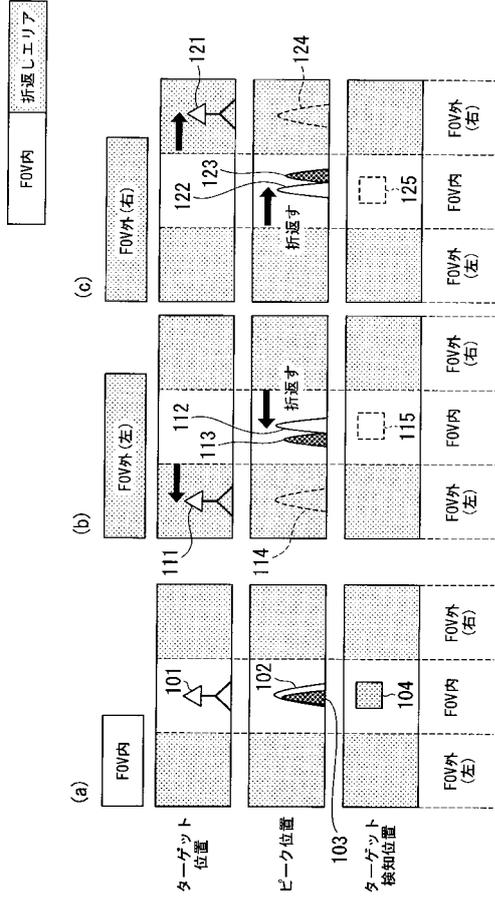
【図5】



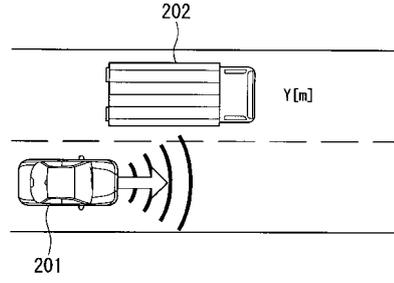
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

